Aus dem
Arbeitsphysiologischen Institut der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Breslau.
Direktor: Professor Dr. A. Basler

# Die Hautdurchblutung unter dem Einfluss verschiedener Tätigkeiten.

## Inaugural-Dissertation

zur
Erlangung des Doktorgrades in der Medizin
bei der Medizinischen Fakultät der
Schlesischen Friedrich - Wilhelms - Universität
zu Breslau

vorgelegt von

**Gottfried Reimann.**

Breslau 1941

Buchdruckerei und Verlag Eugen Jakubik, Breslau 10, Wörtherstrasse 6

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Breslau.

I. Referent: Prof. Dr, A. Basler
II. Referent: Prof. Dr. Schriever
Dekan: Prof. Dr. Gottron.

Meiner lieben Mutter in Dankbarkeit!

Allgemein bekannt ist die Tatsache, daß durch die Tätigkeit eines Gliedes das Wärmegefühl in der dasselbe bedeckenden Haut verstärkt wird. So werden von jeher verschiedene Übungen angewandt um die Hautdurchblutung zu vergrößern, z. B. das Schlagen mit den Händen um den Körper herum, auch Laufbewegungen; doch sind bisher keine Untersuchungen darüber ausgeführt worden, wie weit diesem subjektiven Wärmegefühl meßbare Änderungen der Hauttemperatur zugrunde liegen. Die Untersuchungen von Benedict und Parmenter, auf die sich Marschak[1]) bezieht, sind, wie Marschak schon hervorhebt, nicht beweisend. Auch die Untersuchungen von Marschak lassen die Ursachen der Veränderungen ungeklärt.

## Methodik.

Zur Beurteilung der Hautdurchblutung mußte eine Methode gewählt werden, die es gestattet, die Messungen an der ganzen Körperoberfläche vorzunehmen, und die außerdem absolut sichere Werte liefert.

Nach längeren Vorversuchen erwies es sich als der einzig gangbare Weg die Hauttemperatur zu bestimmen und danach auf die Stärke der Hautdurchblutung zu schließen. Die Methoden zur direkten Beobachtung der Blutströmung in den Capillaren der Haut erwiesen sich als zu umständlich.

Versuchsanordnung: Die Untersuchungen erfolgten in einem geschlossenen Raume bei einer Zimmertemperatur von 20—23° C. Diese Zimmertemperatur wurde bei allen Versuchen gleich gehalten, damit alle irgendwie möglichen Fehler durch Veränderung der Hauttemperatur von außen her vermieden wurden.

[1]) M. E. Marschak: Hauttemperatur bei dynamischer und statischer Arbeit. Arbeitsphysiologie Bd. III, Seite 168.

Zur Messung der Hauttemperatur wurde, nach Vorversuchen mit einem Hautthermometer, die keine brauchbaren Ergebnisse lieferten, ein Thermoelement (a in Abb. 1) verwendet, das — nach Angabe von Herrn Professor Basler gebaut — bereits von Wagner[1]) beschrieben wurde und den Vorzug hatte, sehr geringe Temperaturdifferenzen, bis herunter auf 0,05 ° C anzuzeigen. Es bestand aus 16 Kupfer- und Eisenplatten, die an ihren Enden — jeweils Kupfer mit Eisen — verlötet waren. Die Lötstellen bildeten ein Rechteck, dessen Ecken abgeschliffen waren, so daß die Anlegefläche eine nahezu elliptische Form besaß. Das ganze Plattensystem steckte in einer Holzverschalung, in der Art, daß an beiden Seiten je eine wenige Millimeter breite Zone um die Lötstellen herum frei blieb. An der Holzverkleidung war im rechten Winkel ein Metallstab angebracht, und das daran befestigte Gewicht b drückte das Thermoelement mit stets gleichem Druck gegen die Haut. Es lag sowohl dem kontrahierten als auch dem erschlafften Muskel immer mit dem gleichen Druck und gleich vollständig an. So war es auch möglich, Messungen an den verschiedensten Stellen des Körpers vorzunehmen. Die beiden äußeren Metallplatten waren durch die Kupferdrähte $c_1$ und $c_2$ mit dem Galvanometer verbunden, von dem nur der Spiegel d dargestellt ist. Durch den Spiegel wird ein Lichtstrahlenbündel auf einen Schirm mit Skalaeinteilung geworfen, wo man die Ausschläge des Lichthebels leicht ablesen kann.

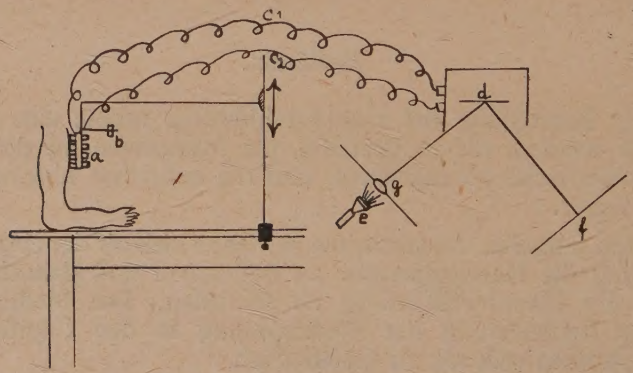


Abb. 1: Aufstellung für die Wärmemessung schematisch.

a = Thermoelement, b = Gewicht um das Thermoelement gleichmäßig anzudrücken, $c_1 + c_2$ = Verbindung zum Spiegelgalvanometer, d = Spiegel des Galvanometers, e = Lichtquelle, f = Schirm mit Skala, g = Linse.
laufs, der Atmung und der Muskeltätigkeit. Breslau 1940, Seite 23.

---

[1]) F. J. Wagner: Untersuchungen über den Einfluß der Tätigkeit im Reichsarbeitsdienst usw. Diss. Breslau 1940, Seite 24.

Die Versuchsanordnung wurde täglich geeicht, d. h. es wurde festgestellt, wieviel Skalenteile der Temperaturdifferenz von 1 ° C entsprechen und welche wirkliche Temperatur jeder Ausschlag anzeigt. Diese Eichung erfolgte in folgender Weise: Ein Gummischlauch wurde straff gespannt aufgehängt. Von unten nach oben strömte Wasser durch den Schlauch, dessen Temperatur durch ein eingehängtes Thermometer bestimmt wurde. An diesen Gummischlauch wurde das Thermoelement angelegt. Da die Resistenz des Gummischlauches etwa gleich der eines muskulösen Körperteiles war, entsprach diese Eichung ungefähr den Verhältnissen bei den Versuchen. Auf diese Weise war eine genaue Bestimmung der Temperaturdifferenz möglich.

Versuchspersonen: Als Versuchspersonen dienten Soldaten eines Ersatzbataillons, die zur Zeit der Versuche alle weniger als 6 Monate aus ihrem Zivilberuf abberufen waren. Unter den Versuchspersonen waren die verschiedensten Berufe und auch alle Altersklassen zwischen 20 und 40 Jahren vertreten, so daß das beobachtete Menschenmaterial groß und umfassend war.

## Die Hauttemperatur über statisch tätigen Muskeln.

Zuerst wurden Versuche bei statischer Arbeit durchgeführt wie sie bereits Marschak und Wagner[1]) beschrieben haben. Dabei bestätigen sich die Angaben der beiden Autoren, wonach bei statischer Arbeit eine Abnahme der Hauttemperatur über den tätigen Muskeln zu beobachten ist. In Tabelle 1 sind meine eigenen Ergebnisse für einfache statische Tätigkeiten zusammengestellt. Die Temperaturabnahme schwankt in dieser Aufstellung eine Minute nach der Tätigkeit zwischen 0,60 und 1,75 ° C. Marschak hatte bei ähnlichen statischen Arbeiten Unterschiede zwischen 0.05 und 0,40 ° C gefunden, während Wagner ähnliche Werte wie in der vorliegenden Arbeit (zwischen 1,0 und 2,16 ° C) verzeichnet. Die verhältnismäßig großen Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchspersonen in meinen Ergebnissen sind vielleicht dadurch zu erklären, daß mein Material, wie schon oben angedeutet, stark zusammengewürfelt war.

---

[1]) F. J. Wagner: Untersuchungen über den Einfluß der Tätigkeit im Reichsarbeitsdienst auf verschiedene Erscheinungen im Gebiet des Kreislaufs, der Atmung und der Muskeltätigkeit. Breslau 1940, Seite 23.

Tabelle 1

| Vp. | Art und Dauer der Arbeit | Vor der Arbeit °C | 1 Minute nach der Arbeit °C | 2 Minuten nach der Arbeit °C | Art der Temperaturmessung |
|---|---|---|---|---|---|
| Sch. | Halten einer Last v. 10 kg mit rechtw. gebogenem Arm | 33,50 | 32,75 | 32,50 | Innenfl. des Oberarmes |
| Pr. | 1 Minute lang Dieselbe Arbeit 20 kg | 34,00 | 32,50 | 32,65 | desgl. |
| St. | Halten einer Last v. 10 kg wie bei 1, 1 Minute lang | 33,15 | 32,20 | 32,15 | desgl. |
| Ul. | Dieselbe Arbeit 2 Minuten lang | 35,70 | 34,75 | 34,90 | desgl. |
| Be. | Kniebeugen 2 Minuten lang | 33,25 | 31,50 | 31,50 | Lendengegend |
| Pr. | Halten einer Last mit hängendem, leicht gebog. Arm 10 kg 1 Minute lang | 33,60 | 33,00 | 32,80 | Innenfl. des Unterarmes |

Nach allen diesen Untersuchungsergebnissen — den früheren, wie meinen eigenen — ist daher als sicher anzunehmen, daß bei statischer Arbeit eine wesentliche Verringerung der Hautdurchblutung über dem Gebiet statisch tätiger Muskeln eintritt.

Eine Änderung der Hauttemperatur über unbeteiligten Muskeln wurde dabei nicht beobachtet. Diese Versuche wurden in der Weise durchgeführt, daß nach statischen Tätigkeiten eines Oberarmes, (Anlegestelle der Thermoelemente war der Biceps) die Hauttemperatur über dem Biceps des anderen, unbeteiligten Armes oder an den Beugern des Unterschenkels gemessen wurde.

Als eine weitere statische Tätigkeit wurde der Zehenstand zur Untersuchung herangezogen, und die Messung in der bereits beschriebenen Weise durchgeführt. Auch hierbei konnte festgestellt werden, daß über der statisch kontrahierten Wadenmuskulatur eine Abnahme der Hauttemperatur eintrat. Allerdings war die Abnahme nicht so stark wie an der oberen Extremität. Die Tabelle 2 zeigt eine Zusammenstellung meiner Messungen für den Zehenstand.

Tabelle 2

| Vp. | Vor der Arbeit °C | Während d. Arbeit nach 2 Minuten °C | 1 Minute nach der Arbeit °C | 2 Minuten nach der Arbeit °C |
|---|---|---|---|---|
| Zü. | 34,75 | 34,40 | 34,10 | 34,10 |
| Se. | 33,50 | 32,75 | 32,70 | 33,00 |
| Ga. | 35,10 | 34,80 | 34,80 | 34,65 |
| Jä. | 33,25 | 32,90 | 32,50 | 32,50 |
| Ma. | 34,00 | 33,40 | 33,10 | 33,25 |
| Fr. | 35,10 | 34,25 | 34,20 | 34,40 |

Die Messungen wurden in der Weise durchgeführt, daß die Versuchsperson auf einem Tische stehend sich zu einer bestimmten Zeit auf die Zehen erhob. Nach einer Minute wurde an die am stärksten kontrahierte Stelle der Wadenmuskulatur das Thermoelement angelegt und die Hauttemperatur dann alle Minuten abgelesen. Die Abnahme der Hauttemperatur erfolgte dabei um Werte, die zwischen 0,30 und 0,90 ° C lagen, während der Temperaturrückgang an der oberen Extremität 0,60 bis 1,75 ° C betragen hatte.

Um bei größerer Belastung des Muskels arbeiten zu können, habe ich nunmehr die Versuchsperson veranlaßt, sich auf einem Bein stehend auf die Zehen zu erheben. Es ruhte nun also das doppelte Gewicht auf der statisch tätigen Muskulatur des Beines, an dem die Hauttemperatur gemessen wurde. Die Messungen wurden sonst in der gleichen Weise durchgeführt wie sie bereits auf Seite 8 beschrieben sind. Die Tabelle 3 zeigt die bei dieser Untersuchung gefundenen Ergebnissen.

Tabelle 3

| Vp. | Vor der Arbeit °C | Während d. Arbeit nach 2 Minuten °C | 1 Minute nach der Arbeit °C | 2 Minuten nach der Arbeit °C |
|---|---|---|---|---|
| Mal. | 33,50 | 32,60 | 32,50 | 33,00 |
| Ka. | 32,15 | 31,70 | 31,60 | 31,95 |
| Ba. | 34,80 | 34,10 | 33,75 | 33,75 |
| Po. | 34,60 | 34,05 | 33,90 | 33,75 |
| Ha. | 34,50 | 33,70 | 33,75 | 33,85 |
| Kl. | 35,20 | 34,60 | 34,45 | 34,60 |

Die Unterschiede der Hauttemperatur über den statisch tätigen Muskeln lagen in diesem Falle zwischen 0,55 und 1,05 ° C. Zum Vergleich seien nochmals die Ergebnisse von der obenstehenden Tabelle mit verzeichnet:

Stehen auf den Zehen beider Beine: 0,30—0,90 ° C
Stehen auf den Zehen eines Beines: 0,55—1,05 ° C

Trotzdem im zweiten Falle das doppelte Gewicht getragen wird,

ist der Rückgang der Hauttemperatur nicht doppelt so groß; er lag zwischen 19 und 75 % der ursprünglichen Hauttemperatur.

**Die Hauttemperatur über dynamisch tätigen Muskeln.**

Unter den gleichen Verhältnissen wurden die bisher untersuchten Tätigkeiten als dynamische Arbeit durchgeführt und die dadurch bedingte Erhöhung der Hauttemperatur gemessen. Die Einzelergebnisse waren dabei ähnlich denjenigen die Marschak gefunden hatte. Die Temperaturzunahme schwankte im Einzelnen zwischen 0, und 1,30° C, während Marschak eine Minute nach der Tätigkeit Werte zwischen 0,25 und 1,15° C fand. Zwei Minuten nach der dynamischen Arbeit wies ich als Zunahme der Hauttemperatur 0,25 bis 1,55° C nach, während Marschak dafür Werte zwischen 0,60 und 1,90° C angibt. Die geringe Temperaturzunahme bei der Versuchsperson Ul. dürfte mit der Gewöhnung an Handarbeit (er ist Masseur) zu erklären sein. Für diese Versuchsperson bedeutet die Arbeit mit 10 kg wohl nur eine Bewegung ohne Kraftaufwand. Die Tabelle 4 ist die Zusammenstellung der Ergebnisse bei einfachen dynamischen Arbeiten.

Tabelle 4

| Vp. | Art und Dauer der Arbeit | Vor der Arbeit °C | 1 Minute nach der Arbeit °C | 2 Minuten nach der Arbeit °C | Ort der Temperaturmessung |
|---|---|---|---|---|---|
| Pz. | Heben und senken mit einer Last von 10 kg 1 Minute lang etwa 18 mal | 33,50 | 34,25 | 34,25 | Innenfl. des Oberarmes |
| Pz. | Dieselbe Arbeit 2 Minuten lang | 34,20 | 35,50 | 35,75 | desgl. |
| Ul. | Dieselbe Arbeit mit 10 kg 2 Minuten lang | 33,50 | 33,50 | 33,75 | desgl. |
| Ul. | Dieselbe Arbeit mit 20 kg 2 Minuten lang | 33,75 | 34,50 | 34,75 | desgl. |
| Be. | Dieselbe Arbeit mit einer Last von 10 kg 1 Minute lang | 34,75 | 35,10 | 35,15 | desgl. |
| Pr. | Dieselbe Arbeit mit einer Last von 20 kg 2 Minuten lang | 32,00 | 32,65 | 32,60 | desgl. |

Nach diesen Untersuchungsergebnissen ist daher als erwiesen anzunehmen, daß bei dynamischer Arbeit eine beträchtliche Erhöhung

der Hauttemperatur über dem Gebiet dynamisch tätiger Muskeln eintritt.

Zur Sicherung der Ergebnisse wurden noch andere dynamische Tätigkeiten in der gleichen Weise untersucht. Zunächst wurden die Temperaturveränderungen der Haut über der Wadenmuskulatur beim rhythmischen Erheben auf die Zehen und sofortigem Senken beobachtet. Hierbei wurde etwa während einer Minute 18 mal das Körpergewicht durch wechselndes Stehen auf dem ganzen Fuß und auf den Zehen geändert.

Die Tabelle 5 zeigt eine Zusammenstellung der dabei gewonnenen Ergebnisse.

Tabelle 5

| Vp. | Vor der Arbeit °C | 1 Min. nach d. Arbeit °C | 2 Min. nach d. Arbeit °C |
|---|---|---|---|
| Ga. | 33,84 | 34,26 | 34,12 |
| Jä. | 34,45 | 35,00 | 34,85 |
| Fr. | 35,00 | 35,50 | 35,60 |
| Ma. | 33,55 | 34,55 | 34,30 |
| Mal. | 33,55 | 35,00 | 34,60 |
| Ka. | 33,00 | 34,50 | 34,15 |

Die Temperaturzunahmen schwankten eine Minute nach der Tätigkeit zwischen 0,42 und 1,50° C, während die Unterschiede bei den bisherigen Untersuchungen zwischen 0,25 und 1,15° C lagen. Noch deutlicher war die Erhöhung der Hauttemperatur, wenn die Versuchsperson die gleiche Übung auf einem Bein ausführte. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 zusammengefaßt.

Tabelle 6

| Vp. | Vor der Arbeit °C | 1 Min. nach d Arbeit °C | 2 Min. nach d. Arbeit °C |
|---|---|---|---|
| Fr. | 32,50 | 34,80 | 33,10 |
| Ka. | 33,55 | 35,75 | 34,75 |
| Wi. | 33,50 | 35,55 | 34,60 |
| Mal. | 32,40 | 34,25 | 33,90 |
| Jä. | 33,25 | 35,27 | 34,40 |
| Ga. | 32,10 | 34,20 | 33,55 |

Eine Minute nach der Tätigkeit gemessen waren die Grenzwerte für die Temperaturzunahme 1,85° und 2,30° C; sie sind damit wesentlich größer als bei der gleichen Tätigkeit auf beiden Füßen, mit einer Temperaturerhöhung um 0,42 bis 1,50° C. Bei der doppelten Belastung belief sich die höchste Temperaturzunahme auf mehr als 400 %, die geringste auf über 50 %. Während bei statischer Tätigkeit die doppelte Belastung eine Erniedrigung der Hauttemperatur um nur 75—19 % bedingte, war

also für die dynamische Arbeit die Zunahme der Hauttemperatur bei doppelter Belastung wesentlich höher.

Auch bei dynamischer Tätikeit wurde die Temperatur der Haut über nicht beteiligten Mukeln geprüft. So wurde nach dynamischer Tätigkeit des rechten Biceps die Temperatur über dem linken Biceps und der Wadenmuskulatur gemessen. Dabei wurde im Gegensatz zu den gleichen Versuchen bei statischer Tätigkeit eine Abnahme der Hauttemperatur über unbeteiligten Muskeln festgestellt.

Die Tabelle 7 zeigt einige Ergebnisse dieser Kontrollversuche.

Tabelle 7

| Vp. | Art und Dauer der Arbeit | Vor der Arbeit °C | 1 Min. nach der Arbeit °C | 2 Min. nach der Arbeit °C | Ort der Temperatur-messung |
|---|---|---|---|---|---|
| Ka. | Heben und Senken einer Last von 10 kg 2 Minuten lang 18 mal in der Minute | 33,35 | 33,95 | 34,30 | Innenfl. des r. Oberarm. Tätigkeit |
| | Untätig | 33,25 | 32,90 | 32,75 | Oberarm l. |
| Mat. | Desgl. tätig | 32,50 | 33,30 | 33,45 | Oberarm r. |
| | Untätig | 32,60 | 32,00 | 32,10 | Oberarm l. |
| Jä. | Desgl. tätig | 34,05 | 34,80 | 34,80 | Oberarm r. |
| | Untätig | 33,75 | 33,45 | 33,50 | Beugeseite d. Unterschenkel re. Untätig. |

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen zeigen somit, daß die Hauttemperatur und mit ihr die Hautdurchblutung gewissermaßen eine Kopie der Hautdurchblutung von den durch sie bedeckten Muskeln darstellt: statische Haltearbeit vermindert die Durchblutung von Haut und Muskulatur; dynamische Arbeit verstärkt sie in beiden Gewebesystemen. Für die vermehrte Muskeldurchblutung bei dynamischer Arbeit kann angenommen werden, daß sie rein mechanisch durch die Pumpwirkung der sich ständig wiederholenden Kontraktionen bedingt ist. Wahrscheinlicher sind allerdings reflektorische Vorgänge. Bei der statischen Arbeit wirkt nach den Untersuchungen von Dolgin und Lehmann[1]) die Dauerkontraktion als Drosselung auf die zuführenden Gefäße, wodurch die Muskeldurchblutung herabgesetzt wird.

[1]) Peter Dolgin und Günther Lehmann: Ein Beitrag zur Physiologie der statischen Arbeit. Arbeitsphysiologie Bd. II, Seite 248.

Wie sich diese im Muskel abspielenden Vorgänge an der Haut auswirken, ist schwer einzusehen. Denn die die Haut versorgenden Gefäße gehen ja nicht durch die Muskulatur.

### Erklärung der gleichsinnigen Durchblutung von Haut und Muskulatur.

Wenn ich im Folgenden dafür eine experimentell begründete Erklärung zu geben versuche, beginne ich der Einfachheit der Darstellung zuliebe mit der statischen Haltearbeit. Zweifellos hat der tetanisch kontrahierte Muskel die Tendenz die über ihm liegende Haut in die Breite zu ziehen. Zur Messung dieser Dehnung verfuhr ich in folgender Art.

Auf der Haut über dem erschlafften Biceps wurden in 20 mm gegenseitigem Abstand 2 Punkte mit Tusche aufgemalt. Jetzt wurde die Versuchsperson aufgefordert, den Arm dauernd mit großer Kraft zu beugen. Dabei ließ sich unschwer durch Messung feststellen, daß die beiden Punkte um 1 bis 2 mm auseinander wichen. Durch diesen Versuch, der immer im gleichen Sinne ausfiel, ist bewiesen, daß die Verdickung des Muskels bereits genügt, um die darüber liegende Haut zu dehnen.

In einem bestimmten Fall (Vpn. Hü. 1) wurde durch Muskelkontraktion der Abstand der beiden Punkte um genau 2 mm vergrößert. Eine solche Dehnung der Haut kann zweifellos durch Zerrung der in ihr verlaufenden Gefäße die Durchblutung verringern.

Allerdings mußte ich jetzt noch den experimentellen Nachweis erbringen, daß diese durch den Bicepsbauch bedingte Dehnung genügt, um die Hauttemperatur um nahezu einen Grad herabzusetzen.

Dem geschilderten Gedankengang folgend maß ich zunächst die Hauttemperatur zwischen den beiden Punkten bei vollständig erschlafftem Biceps. Sie betrug 36,00 ° C. Jetzt dehnte ich die Haut über dem erschlafften Muskel mit Heftpflasterzug solange, bis die beiden Punkte wieder einen Abstand von 22 mm hatten. In diesem Zustand wurde die Temperatur zwischen den beiden Punkten von neuem gemessen; sie betrug 34,75 ° C, hatte also um 1,25 ° C abgenommen.

Der beschriebene Versuch zeigt, daß eine von außen her erfolgende Dehnung der Haut ihre Temperatur herabsetzen kann, wie die Dauerkontraktion des darunter liegenden Muskels.

Den gleichen Versuch habe ich mit zwei weiteren Soldaten vorgenommen. An drei anderen wurden die Bestimmungen an der Wade ausgeführt. Alle 6 Versuche habe ich in die Form einer Tabelle (Nr. 8) gebracht, die anschließend wiedergegebn ist.

Tabelle 8

| | Vp. | Abstand der Punkte über dem schlaffen Muskel | Abstand der Punkte über dem kontrahierten Muskel | Hauttemperatur über dem schlaffen Muskel in °C ohne Hautdehnung | Hauttemperatur über dem schlaffen Muskel in °C mit Hautdehnung | Größe der künstlichen Hautdehnung (Abstand der Punkte) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| üb. Biceps | Hü 1 | 20,0 | 22,0 | 36,00 | 34,75 | 22,0 |
| | Hü 2 | 20,0 | 21,5 | 35,75 | 35,25 | 21,5 |
| | Li. | 20,0 | 22,8 | 36,10 | 35,05 | 22,8 |
| üb. Wade | Be. | 20,0 | 21,2 | 34,25 | 33,10 | 21,2 |
| | Ma. | 20,0 | 20,8 | 33,45 | 32,75 | 20,8 |
| | Ka. | 20,0 | 21,2 | 33,65 | 32,75 | 21,2 |

In der Aufstellung 8 sind die beiden unter Hü. 1 und Hü. 2 angeführten Ergebnisse besonders bemerkenswert. Es handelt sich um Brüder, wobei Hü. 1 als Gelegenheitsarbeiter weniger an Muskelarbeit gewöhnt ist wie Hü. 2 als Bügler.

Wenn ich mich somit bei der Erklärung der Erscheinung in einem gewissen Gegensatz zu Marschak befinde, so muß ich gestehen, daß ich das Prinzip seiner gegenteiligen Beweisführung [1]) nicht ganz begriffen habe.

Anstieg der Hauttemperatur über dynamisch tätigen Muskeln: Um zu beweisen, daß die äußerlich meßbare Temperatur auch dann steigt, wenn die Haut allein gedehnt und erschlafft wird, ohne aktive Beteiligung der darunter liegenden Muskulatur, habe ich eine Versuchsreihe in folgender Weise durchgeführt: Nachdem die Kontrollpunkte festgelegt und die Dehnungsweite der Haut bei der Muskelkontraktion bestimmt war, wurde seitlich von der dynamisch tätigen Muskelgruppe mit Leukoplast eine Zugvorrichtung angebracht. Durch sie war es möglich, das über der Muskelgruppe liegende Hautgebiet im gleichen Rhytmus wie bei dem dynamischen Arbeitsversuch, zu dehnen und zu erschlaffen. Dabei trat in diesem Falle eine Erwärmung der über dem nicht arbeitenden Muskel liegenden Haut auf. So steht also auch die Temperaturzunahme der Haut in keinem unmittelbaren Zusammenhang mit der Tätigkeit, sondern sie wird nur durch die gleichen mechanischen Reize ausgelöst, wie etwa die Vergrößerung der Hautdurchblutung unter dem Einfluß einer Massage. Die Ergebnisse bei 5 Versuchspersonen zeigt Tabelle 9.

Tabelle 9

| Vpn. | Wi. 1 | Wi. 2 | Ka. | Kr. | Ma. |
|---|---|---|---|---|---|
| vorher: | 33,00 ° C | 34,75 ° C | 34,25 ° C | 35,20 ° C | 35,25 ° C |
| nachher: | 33,50 ° C | 35,25 ° C | 35,35 ° C | 35,80 ° C | 35,55 ° C |

[1]) M. E. Marschak: L. c. S. 177/178.

Der Gedankengang meiner Beweisführung sei hier nochmals kurz wiederholt:

Über einem statisch kontrahierten Muskel wird die Haut gleichmäßig gedehnt und durch Zerrung der Gefäße die Durchblutung verringert, was sich in einer Abnahme der Temperatur zeigt. Die gleiche Erscheinug läßt sich bei entsprechender Dehnung der Haut von außen her beobachten.

Bei einer rhytmischen Tätigkeit wird die über dem arbeitenden Muskel liegende Haut rhytmisch gedehnt und erschlafft, was eine Verstärkung der Durchblutung und eine Erhöhung der Temperatur zur Folge hat. Auch diese Hautveränderung läßt sich bei Ruhigstellung des Muskels durch eine rhytmische Dehnung und Wiedererschlaffung der Haut von außen her hervorrufen.

**Verhalten der Hauttemperatur an den Händen beim Schlagen der Hände um den Körper herum.**

Beim Aufenthalt im Freien während der kalten Jahreszeit wird die Körpertemperatur besonders durch Bewegung konstant erhalten, da hierbei die Hüllen allein dem großen Wärmeverlust nicht begegnen können. Eine häufig geübte Tätigkeit um das Wärmegefühl an den Händen zu erhöhen, besteht darin, daß man die Hände um den Körper schlägt. Wohl jedermann hat diese Tätigkeit schon ausgeführt. Sofort nach dieser Übung tritt ein starkes Wärmegefühl auf. Es wurde nun untersucht, ob eine Wärmezunahme an der Haut der Hände meßbar ist. Die Versuche wurden in der Weise durchgeführt, daß eine Versuchsperson während einer Minute etwa fünfzig mal die Hände um den Körper schlug. Bei meinen ersten Versuchen wurde die Hauttemperatur eigenartigerweise regelmäßig verringert. In der Erwägung, daß die L u f t b e w e g u n g, wie sie beim Schlagen der Arme auftritt, einen so starken Wärmeverlust bewirkt, daß die Zunahme der Hauttemperatur nicht nur ausgeglichen, sondern sogar in das Gegenteil verkehrt wird, stellte ich gerade darüber besondere Versuche an. Ein mäßiger Luftstrom bewirkte, gegen die untätige Hand eine Minute lang geblasen, eine Abnahme der Hauttemperatur, die zwischen 1,00 und 1,90 ° C lag, selbst noch eine Minute nach Aufhören des Luftstromes. Nun wurde die Versuchsreihe so durchgeführt, daß jeweils eine Hand mit einem dünnen ungefütterten Wildlederhandschuh bedeckt wurde, während die andere Hand zur Kontrolle unbedeckt blieb. Die dabei gewonnenen Ergebnisse zeigt die Tabelle 10. Bei der Auswertung der Ergebnisse dieser Tätigkeit zeigt es sich, daß der gewünschte Erfolg nur eintritt, wenn die Hände durch Handschuhe gegen den Wärmeverlust durch Luftzug geschützt sind. Da dies im Winter ja wohl

Tabelle 10

| Vp. | Ort der Messung | Mit oder ohne Handschuhe | Vor der Arbeit °C | 1 Min. nach der Arbeit °C | 2 Min. nach der Arbeit °C |
|---|---|---|---|---|---|
| Ul. | Innenfläche 2+3 Glied d. Mittelfingers | mit | 32,20 | 32,70 | 32,90 |
| | desgl. | ohne | 32,30 | 30,40 | 30,55 |
| | Daumenballen | mit | 32,80 | 32,90 | 32,86 |
| | desgl. | ohne | 32,80 | 31,90 | 32,25 |
| P. | Innenfläche 2+3 Glied d. Mittelfingers | mit | 31,00 | 34,10 | 34,25 |
| | desgl. | ohne | 31,00 | 30,90 | 31,35 |
| | Daumenballen | mit | 31,15 | 31,70 | 31,75 |
| | desgl. | ohne | 31,15 | 30,70 | 31,05 |
| Pä. | Innenfläche 2+3 Glied d. Mittelfingers | mit | 31,50 | 34,55 | 34,75 |
| | desgl. | ohne | 31,55 | 31,00 | 31,45 |
| | Daumenballen | mit | 31,35 | 31,40 | 31,40 |
| | desgl. | ohne | 31,35 | 31,10 | 31,40 |
| Ba. | Innenfläche 2+3 Glied d. Mittelfingers | mit | 30,80 | 32,50 | 33,25 |
| | desgl. | ohne | 30,75 | 29,25 | 29,75 |
| | Daumenballen | mit | 30,95 | 31,30 | 31,35 |
| | desgl. | ohne | 31,00 | 30,65 | 30,85 |
| Ma. | Innenfläche 2+3 Glied d. Mittelfingers | mit | 29,50 | 32,25 | 32,40 |
| | desgl. | ohne | 29,50 | 28,55 | 28,60 |
| | Daumenballen | mit | 29,75 | 29,90 | 29,90 |
| | desgl. | ohne | 29,70 | 29,30 | 29,50 |
| Ka. | Innenfläche 2+3 Glied d. Mittelfingers | mit | 30,00 | 31,90 | 32,45 |
| | desgl. | ohne | 30,00 | 29,55 | 30,10 |
| | Daumenballen | mit | 30,35 | 30,80 | 30,80 |
| | desgl. | ohne | 30,40 | 30,05 | 30,55 |

auch immer der Fall ist, ist der Erfolg sicher. Es genügt jedoch nicht, die unbekleideten Hände nach der Übung in die Taschen zu stecken, da dann bereits der größte Teil der Hautwärme durch den Luftzug verloren gegangen ist. Aus der Zusammenstellung 10 ist auch zu ersehen, daß die Hauttemperatur über den Endgliedern der Finger sehr viel höher ansteigt, als über den anderen Hautstellen der Hände. Die Zusammenstellung 11 zeigt eine Übersicht über die Veränderungen der Hauttemperatur am bedeckten und unbedeckten Finger und die Veränderungen in der gleichen Weise dabei über dem Daumballen.

Tabelle 11

| Vpn. | Ul. | P. | Pä. | Ba. | Ma. | Ka. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Daumenballen mit | +0,10 | +0,55 | +0,05 | +0,35 | +0,15 | +0,45 |
| Daumenballen ohne | —0,90 | —0,45 | —0,25 | —0,35 | —0,40 | —0,35 |
| Mittelfinger mit | +0,50 | +3,10 | +3,05 | +1,70 | +2,75 | +1,90 |
| Mittelfinger ohne | —1,90 | —0,10 | —0,55 | —1,50 | —0,95 | —0,45 |

Auch hier sind es offenbar die lokalen, mechanischen Hautreize, die die Temperatursteigerung hervorrufen. Das Schlagen der Hände wird immer so ausgeführt, daß die Hände an den Kleidern anprallen. Um auch diesen Zusammenhang experimentell zu zeigen, habe ich folgenden Versuch ausgeführt. Ein kleiner Holzhammer wurde mit dem gleichen Stoff überzogen, aus dem die Uniformen meiner Versuchspersonen bestanden. Mit diesem Hammer schlug ich in dem gleichen Rhythmus, in dem die Versuchsperson die Arme schwang, auf die von mir untersuchten Hautstellen der Hand und ich erzielte Erwärmungen, wie sie untenstehend zusammengestellt sind.

| Vpn. | Ul. | P. | Pä. | Ba. | Ma. | Ka. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | +0,60 | +0,95 | +1,60 | +2,05 | +2,25 | +2,35 |

Dagegen die Temperaturzunahme aus Tabelle 11.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | +0,50 | +3,10 | +3,05 | +1,70 | +2,75 | +1,90 |

Nach dem Ergebnis der letzten Versuchsreihe muß angenommen werden, daß die Temperaturzunahme der Fingerhaut beim Schlagen mit den Armen weitgehend durch das Anprallen an den Kleidern bzw. der Handschuhwand bedingt ist.

## Ergebnisse.

1. Die Angaben von Marschak und Wagner, wonach die Hauttemperatur über dynamisch tätigen Muskeln erhöht, über statisch kontrahierten Muskeln herabgesetzt ist, wurde durch weitere Versuchsreihen bestätigt.
2. Bei dynamischer Tätigkeit einzelner Muskelgruppen wird die Haut über den unbeteiligten Muskelgruppen kälter.
3. Bei statischer Tätigkeit einzelner Muskelgruppen ändert sich die Hauttemperatur über den an der Arbeit nicht beteiligten Muskeln nicht.
4. Die Veränderung der Hauttemperatur über tätigen Muskeln ist die Folge der mechanisch bedingten Dehnung der Haut.
5. Diese Dehnung erfolgt bei statischer Tätigkeit kontinuierlich und führt zu einer Abkühlung.
6. Über dynamisch tätigen Muskeln wird die Haut rhythmisch gedehnt, was mit einer stärkeren Durchblutung und mit einer Temperatursteigerung der Haut einhergeht.
7. Beim Schlagen mit den Armen ist die Erwärmung der Finger durch ihre Reibung mit den Kleidern bedingt.
8. Wenn übrigens dabei im Winter die Hände nicht mit Handschuhen bekleidet sind, dann tritt keine Erwärmung ein, sondern — durch den Luftzug bedingt, — eine Abkühlung.

---

Zum Schlusse erfülle ich die angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Adolf Basler für die Überlassung der Arbeit sowie für die Unterstützung durch Rat und Tat bei ihrer Ausführung meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

**Lebenslauf des Assistenzarztes Gottfried Reimann.**

Am 29. August 1911 wurde ich als Sohn des Klempners Georg Reimann in Oppeln geboren.

Von 1918 bis 1926 besuchte ich die evangelische Volksschule in Oppeln. Nach einer kaufmännischen Ausbildung in Oppeln bereitete ich mich in Breslau durch Privatunterricht auf die Reifeprüfung als Nichtschüler vor. Vor der Prüfungskommission des Oberpräsidenten in Breslau legte ich 1933 die Reifeprüfung ab.

Vom Wintersemester 1933/34 bis zum Sommersemester 1939 studierte ich an der Universität Breslau Medizin. Im Anschluß an das Studium bestand ich das medizinische Staatsexamen mit dem Gesamturteil „Gut". Ich erhielt darauf vom Herrn Prüfungsvorsitzenden die Zulassung zum praktischen Jahr und dann mit Wirkung vom 18. September 1939 vom Herrn Reichs- und Preußischen Minister für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung die Bestallung als Arzt.

In der NSDAP und in der SA bin ich seit März 1930 aktiv tätig. Bereits während des Studiums hatte ich bei der Wehrmacht mehrere Übungen freiwillig geleistet. Seit dem 29. August 1939 bin ich wieder im Wehrdienst. Im Feldheer bin ich seit November 1939 als Truppenarzt tätig. Zur Zeit bin ich Bataillons - Arzt eines Pionierbataillons.

Gottfried Reimann.